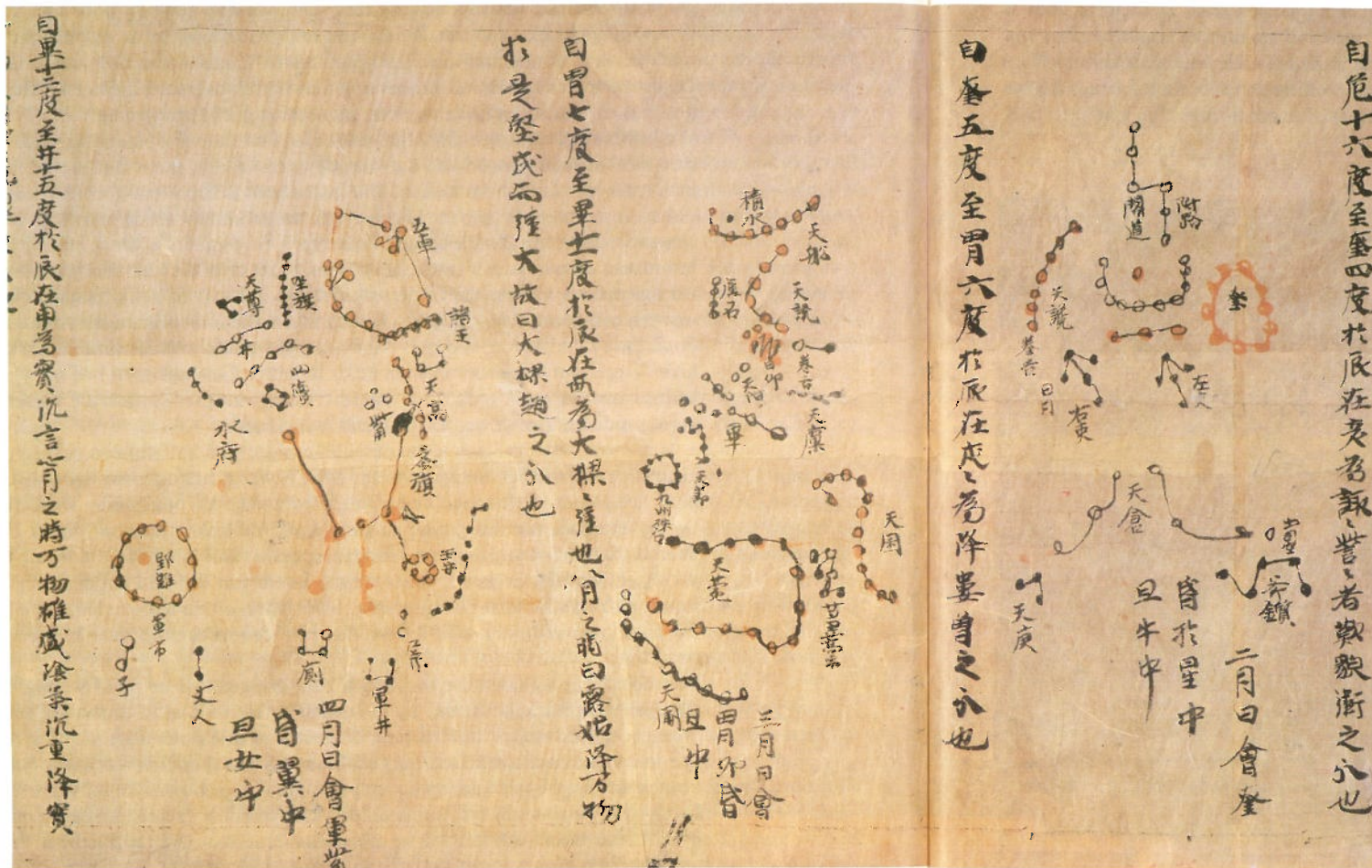


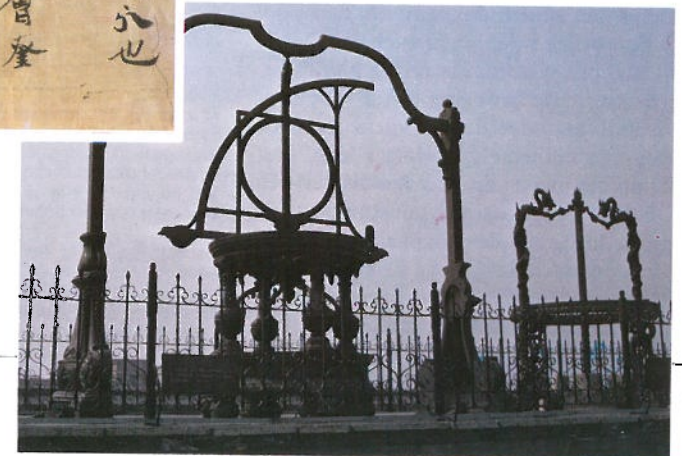
STERRENKUNDE IN HET OUDE CHINA

De Chinese sterrenkunde heeft zich gedurende 2000 jaar vrijwel onafhankelijk ontwikkeld. De geschiedenis van de Chinese sterrenkunde is daarom niet alleen interessant met het oog op de Chinese beschaving zelf, maar ook als parallel met de ontwikkelingen in Europa. Het ontbreken van meetkundige belangstelling belemmerde de ontwikkeling van de Chinese sterrenkunde, die daarom niet als een voorloper van de moderne sterrenkunde kan worden **beschouwd**. Daarentegen bouwden Chinese sterrenkundigen enige opmerkelijke instrumenten en maakten ze een vrijwel ononderbroken (zij het onnauwkeurige) kroniek van de hemelverschijnselen.



De oude Chinezen hadden al een goed inzicht in de positie van sterrenbeelden aan de hemel. Deze sterrenkaart is gevonden in een uit ± 940 daterend manuscript. Het betreft een kopie van een sterrenkaart die de astronoom Chhien Ko-Chih zo'n 500 jaar daarvoor had samengesteld.

De Vlaamse Jezuïet Ferdinand Verbiest bouwde in opdracht van de keizer in de jaren 1670-1673 een zestal instrumenten die nog steeds aanwezig zijn in het observatorium van Peking. Alle instrumenten werden gebruikt voor een precieze plaatsbepaling van sterren.



De vroegste geschiedenis

Elk volk dat de jacht beoefent of de landbouw, heeft er baat bij de jaargetijden te kennen en te kunnen voorspellen. Een regelmatig blik op de sterrenhemel leert al snel dat de sterrenbeelden met de jaargetijden wisselen, zodat het zichtbaar worden van een bepaald sterrenbeeld de komst van een nieuw jaargetijde aankondigt. De oudste sterrenkundige activiteit in China, als op vele plaatsen elders, bestond uit het optekenen van de best zichtbare sterrenbeelden voor elk seizoen.

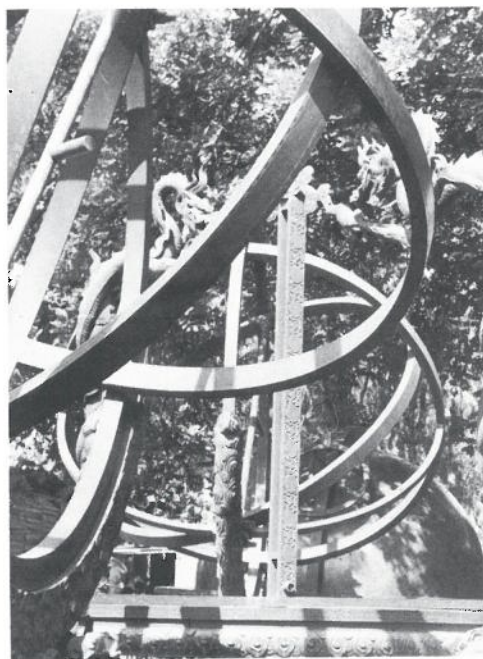
In de oude hoofdstad Anyang van de Shang-dynastie (1600 tot 1000 v. Chr.) zijn dierbeenderen gevonden die gebruikt werden bij orakelvoorspellingen. Op deze beenderen staan korte inscripties, die niet altijd gemakkelijk te interpreteren zijn, maar die mogelijk de namen van verschillende sterrenbeelden bevatten. In almanakken van de Chou-dynastie (1000 tot 221 v. Chr.) breidde het aantal sterrenbeelden zich langzaam uit. De Chinese sterrenbeelden zijn anders dan de Babylonische (die later de onze zijn geworden). Dit wijst erop dat het Chinese stelsel zich zelfstandig heeft ontwikkeld.

De Chinezen hadden twee manieren om de hemel in te delen (zie fig. 2). Ze onderscheidten vijf hemelpaleizen: een paleis om de noordelijke hemelpool en vier paleizen daaromheen, één voor elk seizoen. De andere indeling was verbonden met het pad langs de hemel van de maan. Elke 28 dagen keert de maan ongeveer tot dezelfde plaats aan de hemel terug en de Chinezen onderscheidden langs het pad van de maan 28 maanhuizen, een voor elke dag. Een maanhuis bestond echter niet alleen uit het sterrenbeeld waarlangs de maan passeerde, maar ook uit alle sterren precies ten noorden en ten zuiden daarvan. De hemelbol was op deze wijze in 28 segmenten ingedeeld, analoog met ons systeem van rechte klimming.

Overdag werd de beweging van de zon over de hemelbol bestudeerd: 's zomers staat de zon hoog aan de hemel, 's winters laag. Met behulp van metingen van de schaduw van een stok, of door de plaats van zonsopkomst en -ondergang bij te houden, bepaalden de Chinezen de momenten dat de zon de keerkringen bereikt (zonnenuwen) en de evenaar overschrijdt (eveningspunten). Zo'n schaduwstok wordt *gnomon* genoemd. De schaduw-

lengte werd tijdens de Chou-dynastie vergeleken met een standaardmaat van jade.

Kennis van de jaargetijden is een belangrijke bron van macht in een samenleving die op landbouw gebaseerd is; de sterrenkunde in China ontwikkelde zich tot een activiteit die onder toezicht van de keizer stond: de sterrenkundige was een ambtenaar en werkte in de staatssterrenwacht. Deze ontwikkeling heeft een vergaande invloed op de latere Chinese sterrenkunde gehad. Een voordeel van de nauwe verbintenis tussen staat en sterrenkunde is dat sterrenkundige boeken vaak werden opgenomen in de officiële geschiedenisboeken en zodoende wellicht beter bewaard zijn gebleven dan anders het geval zou zijn geweest. Ook



Boven: Een veel door Chinese astronomen gebruikt instrument is het armillarium, waarvan hier een tweetal is afgebeeld. Dit instrument bestaat uit een aantal ringen die ingesteld konden worden op het equatorvlak, het vlak loodrecht daarop, de horizon en de ecliptica (zonnebaan). Met behulp van een op de ringen aangebrachte gradenverdeling, kon de positie van sterren bepaald worden.

Rechts: Fig. 1. In het hele Chinese rijk zijn door de eeuwen heen astronomische waarnemingen verricht. In de met een ster aangegeven plaatsen werden tussen 721 en 725 metingen van de schaduwlengte verricht, in het kader van het samenstellen van een nieuwe kalender. Het Chinese rijk was toen veel groter dan het huidige China.

stond het staatsapparaat de sterrenkundigen ter beschikking, zodat waarnemingen uit het hele rijk gecoördineerd konden worden. Daar staat tegenover dat de geschiedenisboeken niet door de sterrenkundigen werden geschreven, hetgeen de nauwkeurigheid van de sterrenkundige hoofdstukken veelal niet ten goede kwam. Bovendien probeerden veel keizers, beducht voor mededingers naar de troon, de sterrenkundige kennis enigszins geheim te houden, wat een vrije ontwikkeling in de weg stond.

Het verhaal van de zes sterrenkundigen Hsi en Ho, dat dateert van tussen de 8e en 6e eeuw v. Chr., toont de verbintenis tussen de keizer en de sterrenkunde. De legendarische keizer Yao stuurde de jongste broer Hsi naar het

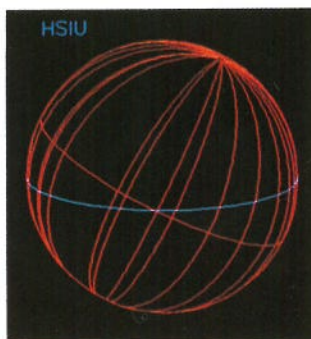
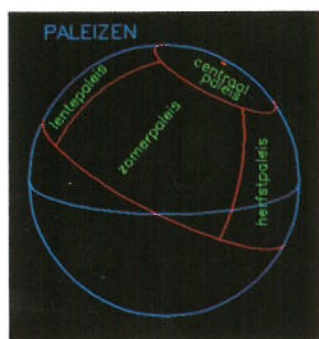
zuiden, de middelste broer Hsi naar het oosten, de jongste broer Ho naar het noorden, en de middelste broer Ho naar het westen, alle vier met de opdracht de zon waar te nemen en de landbouwkundige activiteiten te regelen. De oudste broers Hsi en Ho bleven aan het hof. Een ander verhaal over twee (!) sterrenkundigen Hsi en Ho vertelt dat ze hun plichten grovelijk verwaarloosden, verzuimden een zonsverduistering (eclips) waar te nemen en hiervoor door de keizer gestraft werden. In werkelijkheid hebben de gebroeders Ho en Hsi nooit bestaan. De mogelijkheid is echter geopperd dat het woord Hsi-Ho oorspronkelijk de wagenmenner aanduidde die de zon volgens de Chinezen langs het gewelf voerde.



De samenhang tussen de stand van de sterren en het jaargetijde op aarde deed de Chinezen vermoeden dat andere aardse gebeurtenissen met behulp van de studie van maan en planeten, voorspeld konden worden. Naast de Keizerlijke Sterrenkundige nam een Keizerlijke Sterrenwichelaar een vooraanstaande positie in aan het Hof. *"Hij houdt zich bezig met de sterren in de hemelen en tekent de veranderingen en bewegingen op van de planeten, de zon en de maan, om de gebeurtenissen op aarde te kunnen onderzoeken en de fortuin, goed of slecht, te kunnen voorspellen"*, zo lezen we in de Chou Li, een beschrijving uit de 2e eeuw v. Chr. van de gebruiken die ten tijde van de Chou-dynastie golden.

Uit de overlevering volgt verder dat Shih Shen zich uitgebreid met de maanbeweging heeft bezig gehouden. Men zegt dat hij wist dat de snelheid waarmee de maan langs de hemel beweegt niet constant is. Hij beschreef zonsverduisteringen als de bedwijing van de Yang van de zon door de Yin van de maan, dat wil zeggen dat hij de verduistering van de zon als een gevolg van een invloed van de maan op de zon beschouwde. Hij was dus onbekend met de juiste verklaring dat de maan tussen de aarde en zon in komt te staan.

De ontwikkeling van de sterrenkunde tijdens de Chou-dynastie is vastgelegd in een belangrijk boek over de vroege Chinese sterrenkunde, de *Chou Pei Suan Ching*, ofwel het



Links: Fig. 2. De indeling van de hemel in paleizen (links) of maanhuizen (rechts) bood houvast bij de plaatsbepaling van hemellichamen.

Rechts: Op het observatorium van Peking zijn o.a. armillaria, een sextant en een kwadrant (op de foto van links naar rechts) geïnstalleerd. Beide laatste instrumenten dienden voor het uitvoeren van hoogtemetingen.

Wereldbeelden

De oudste bekende Chinese kalenders dateren uit de 4e en 3e eeuw v. Chr. Ze zijn bewaard gebleven doordat ze werden opgenomen in geschriften van rond het begin van de jaartelling. De vierde eeuw v. Chr. was tevens de tijd waarin, volgens latere overleveringen, de eerste Chinese sterrenlijsten werden gemaakt door de sterrenkundigen Shih Shen en Kan Tê en door een derde, onbekende sterrenkundige, wiens lijst de naam kreeg van een legendarische minister van de Shang-dynastie, Wu Hsien. De oorspronkelijke lijsten zijn niet bewaard gebleven en het is niet duidelijk of ze naast de namen van de sterren ook metingen van hun posities op de hemelbol bevatten. De vroegste versie van de lijsten die we hebben, dateert uit 715 n. Chr. en bevat wel metingen.

Chou Gnomon Wiskunde Boek. Dit boek is geschreven in de 1e eeuw v. Chr., maar bevat een kern van materiaal uit vroeger eeuwen. In de vorm van een gesprek tussen de hertog van Chou en een aantal wis- en sterrenkundigen geeft dit boek onder andere een overzicht van de zonsbeweging, van de lengten van de schaduw van de gnomon door het jaar heen, evenals de voor schaduwmetingen benodigde wiskunde, zoals de stelling van Pythagoras. Het boek bespreekt de bouw van de wereld volgens het Kai Thien, ofwel *Koepel-van-de-Hemel*-model. In dit model drijven de hemel en de aarde samen op de wereldoceaan. De hemel is een koepel boven de aarde en het aardoppervlak staat bol. Een maal per etmaal draait de hemelkoepel om zijn as. Omdat het bewoonde deel van de aarde zich niet recht onder de hemelpool bevindt, komen de hemellichamen tij-



dens de dagelijkse rotatie onder de horizon. De verandering door het jaar heen van de zonshoogte wordt verklaard met een regelmatig omhoog en omlaag bewegen van de zon langs de hemelkoepel. In een alternatieve versie beweegt de hemelkoepel als geheel omhoog en omlaag.

Het nogal eenvoudige model van de Koepel-van-de-Hemel kreeg concurrentie van een ietwat moderner model, het Hun Thien ofwel *Bol-van-de-Hemel*-model. De hemel in dit model is een complete bol om de aarde heen. In een variant is de onderste helft van de bol gevuld met water en drijft de aarde op dit water. Behalve de dagelijkse beweging met de rotatie van de hemelbol bezitten de zon en de maan ook een eigen beweging over de hemelbol. De oudste sterrenkundige die dit model aanhing is Lohsia Hung (eind 2e eeuw v. Chr.).

Een derde wereldmodel was het Hsüan Yeh ofwel *Al-doordringende-Nacht*-model. Dit model gaat er van uit dat het heelal een oneindige lege ruimte is, waarin sterren, planeten, zon en maan vrijelijk zweven. De oudste sterrenkundige wiens naam met dit model verbonden is, is Chhi Mêng uit het eind van de 2e eeuw n. Chr.

De verschillende wereldmodellen bleven naast elkaar bestaan. Hoewel het derde model vanwege de veronderstelling van de oneindige ruimte modern schijnt, heeft het voor de praktische ontwikkeling van de Chinese sterrenkunde weinig betekenis gehad, omdat de grote regelmaat in de verschillende hemelverschijnselen moeilijk te verklaren is met een model waarin de hemellichamen maar zo'n beetje rond zweven. Het Bol-van-de-Hemel-model was in de praktijk het meest bruikbare.

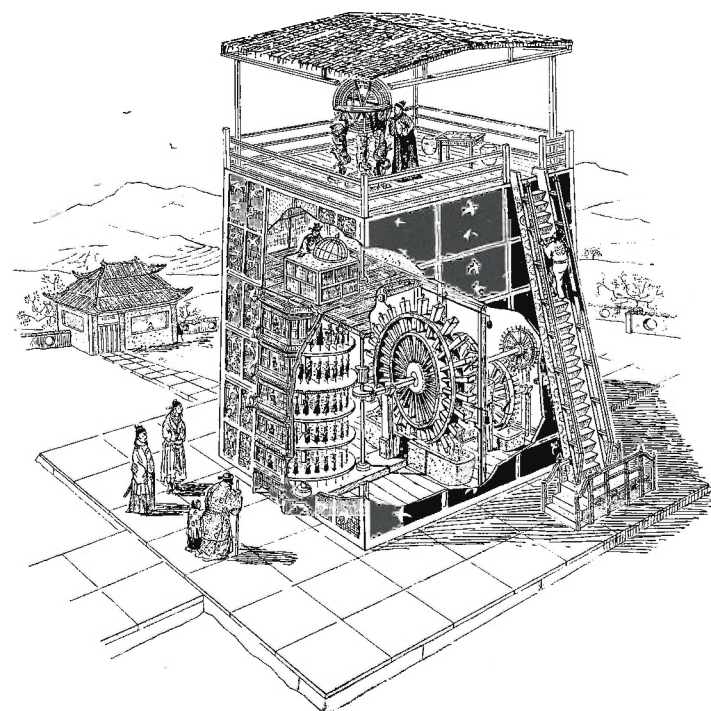
Het Al-doordringende-Nacht-model doet sterk denken aan het wereldbeeld van de Griekse Atomisten. We weten dat er handelscontacten waren in de eeuwen rond het begin van de jaartelling. De Chinese sterrenkunde bleef echter een heel eigen karakter tonen. De Grieken, in navolging van de Babyloniërs, gebruikten de baan van de zon en de daarbij behorende pool als basis van hun hemelcoördinatenstelsel en ze verdeelden een cirkel in 360 graden. De Chinezen echter baseerden hun coördinatensysteem op de pool en equator van de dagelijkse rotatie en deelden een cirkel in $365\frac{1}{4}$ graden! Hoewel enkele berichten over de Griekse sterrenkunde tot in China kunnen zijn doorgedrongen, kunnen we daarom stellen dat de Chinese sterrenkunde zich zelfstandig is blijven ontwikkelen.

De bloeiperiode van de Han

Een eerste bloeiperiode voor de Chinese sterrenkunde viel samen met de tamelijk stabiele periode van de Han-dynastie (221 v. Chr. tot 220 n. Chr.) In deze tijd werd de sterren-

kundige kennis van de voorgaande tijden te boek gesteld, zoals we al zagen. Bovendien nam de kennis van de hemelverschijnselen gestaag toe.

Aan het einde van de eerste eeuw v. Chr. leidde Ching Fang uit de schijngestalten van de maan terecht af dat de maan een bol is. Ook de zon werd door hem als een bol beschouwd. De juiste verklaring van de zonne-eclips werd in dezelfde tijd gegeven door Liu Hsiang, hetgeen overigens het voortbestaan van de onjuiste verklaring van Shih Shen niet verhinderde. Na het jaar 100 begon men te proberen eclipsen te voorspellen en werd het belang van de snijpunten van de maanbaan met de baan van de zon (ecliptica), de knopen, begrepen. Een overzicht van de in vroeger tijden waargenomen eclipsen werd gegeven door de geschiedkundige Ssuma Chhien in de Shih Chi ofwel Geschiedkundig Verslag, uit 90 v. Chr. Vanaf de Han-periode zijn de sterrenkundige waarnemingen, als zons- en maansverduisteringen, planeetsamenstanden, nieuwe sterren (novae of supernovae), kometen enz. in officiële geschiedenissen opgenomen.



Links: De astronomische klokke-toren die Su Sung in 1090 in Khaifêng bouwde, moet ongeveer als deze moderne reconstructie hebben uitgezien. Het uurwerk werd door waterkracht aangedreven. Daarboven bevonden zich een hemelglobe en, op het dak, een armillarium.

Rechtsboven: Zoals op dit fragment van een doek uit de Han-periode, werd op oude Chinese en Japanse prenten vaak een raaf in de zon afgebeeld. Hoewel wel geopperd is dat het hier om een afbeelding van zonnevlekken gaat, is de afbeelding vermoedelijk louter mythologisch.



In de Shih Chi wordt een opsomming van sterrenbeelden gegeven en tevens wordt het verschijnsel besproken dat de planeten soms teruggaande beweging aan de hemel vertonen, de zogenaamde retrograde beweging. De omlooptijden van de planeten Mercurius, Venus, Mars, Saturnus en Jupiter waren aan het eind van de eerste eeuw n. Chr. met een nauwkeurigheid van een tiende van een dag bekend.

Ook nam het aantal benoemde sterren sterk toe. Volgens Ma Hsü (130 n. Chr.) onderscheidde de sterrenkundigen 118 sterrenbeelden met in totaal 783 sterren.

Ten tijde van de Han-dynastie werden tevens de eerste meer gecompliceerde sterrenkundige instrumenten ontwikkeld: het armillarium en de hemelglobe. Het armillarium is een combinatie van een aantal ringen, waarop gradenverdelingen zijn aangebracht, zodat men hoeken aan de hemel kan meten. De Chinese armillaria waren equatoriaal, dat wil zeggen dat ze waren ingesteld op meting van hoeken langs de equator en van hoekafstanden tot de pool van de dagelijkse beweging. Van de voornaamste twee ringen lag daarom één in

het equatorvlak, terwijl de andere loodrecht daarop draaibaar was om een as evenwijdig met de rotatie-as van de hemel. Deze laatste ring was dus een declinatiering. De eerste Chinese armillaria dateren vermoedelijk uit de eerste eeuw v. Chr. Daarna zijn ze gaandeweg verbeterd. Latere versies bezaten als vizier een kijkbuis op de declinatiering en extra ringen om de horizon en de ecliptica aan te geven.

Een belangrijk sterrenkundige uit de Han-tijd is Chang Hêng (78 tot 139). Hij schreef een boek over de Bol-van-de-Hemel-theorie en zijn inzicht stelde hem in staat een hemelglobe te construeren. Ook daarover heeft hij een boek geschreven. Op de hemelbol, die kon roteren om de poolas, waren de verschillende sterrenbeelden aangegeven. De positie van de zon, maan en planeten tussen de sterren kon worden aangeduid met verplaatsbare merktekens. Een vierkante kist om de bol heen correspondeerde met de lokale horizon. Zo kon Chang Hêng demonstreren hoe en wanneer de sterrenbeelden en zon, maan en planeten, opkomen en ondergaan. Vergelijking met de echte hemel leerde dat het precies klopte! Chang Hêng experimenteerde ook met een automatische aandrijving van de globe door middel van waterkracht.

Chang Hêng heeft mogelijk ook vlakke sterrenkaarten gemaakt. De Chinezen hadden de gewoonte de sterren als stippen of cirkels aan te geven en de sterren van een sterrenbeeld met lijnen te verbinden. Uit stenen reliëfs blijkt dat deze gewoonte al in de Han-periode bestond. Opvallend is dat de Chinezen geen onderscheid maakten tussen sterren van verschillende helderheid op hun kaarten. Omdat bovendien de sterposities onnauwkeurig zijn, is het moeilijk Chinese sterren te identificeren.

Een boeddhistische monnik

Na de Han-tijd bleef de sterrenkunde in China vooruitgang boeken. In het begin van de vierde eeuw ontdekte Yü Hsi de *precessie*, het verschijnsel dat de aardas niet vastligt, maar onder invloed van zon en maan, zijdelings afwijkt. Ten gevolge daarvan veranderen de posities tussen sterren van hemelpool en evennachtpunten. Hij schatte de verschuiving van de evennachtpunten, de plaatsen waar de hemelequator de ecliptica snijdt, op 1° in 50 jaar. Een grotere schatting werd gemaakt in de

5e eeuw, namelijk 1° in 100 jaar, en een nauwkeuriger waarde werd bekend in de 6e eeuw, 1° in 75 jaar.

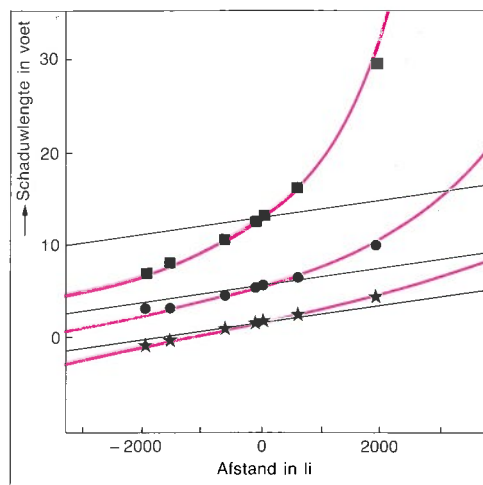
De schaduw van een acht voet (ca. 2,50 m) hoge gnomon te Yang-Chhêng, een plaats ± 75 km ten zuiden van Loyang, was ongeveer anderhalve voet ten tijde van de zomerse zonnewende, op het midden van de dag. De Chinezen wisten dat de schaduw lengte van een gnomon in noordelijker plaatsen langer is, en korter in zuidelijker plaatsen. Ze meenden dat de schaduw lengte elke 1000 li met een duim veranderde. (In China is een duim een tiende voet en een li is ongeveer een halve kilometer). In de vierde en vijfde eeuw werden metingen verricht in ver naar het zuiden gelegen plaatsen als Chiao-Chou (het huidige Hanoi) en Lin-I. Op grond hiervan werd de bovengenoemde waarde herzien tot 3,56 duim per duizend li.

Gnomon waarnemingen te Yang-Chhêng werden gaandeweg uitgebreider. Behalve de waarnemingen tijdens de zomerse zonnewende, werden steeds meer metingen op andere dagen bijgehouden. In 570 ontdekte Chang Tzu-Hsin de ongelijke lengte van de verschillende seizoenen. De voortdurende waarnemingen van zon en maan leidden tot nauwkeurige bepalingen van de periodes. Aan het einde van de 5e eeuw was de lengte van het jaar tot op een halve minuut bekend en de lengte van de maand tot op minder dan een seconde.

Ten tijde van de Thang-dynastie (618 tot 906) kwamen veel buitenlanders naar het Keizerlijke hof. De sterrenkunde in India was sinds de veroveringen van Alexander de Grote sterk door de Griekse beïnvloed en boeddhistische monniken uit India namen behalve de leer van de Boeddha ook Indiase wetenschappelijke kennis mee. De belangrijkste sterrenkundige uit Thang-tijd was de Chinese boeddhistische monnik I-Hsing. Het verhaal van het begin van zijn carrière is bewaard gebleven. *"I-Hsing wilde wiskunde studeren en reisde wel duizend li op zoek naar een goede leraar. Zo kwam hij bij de sterrenkundige waarneempost van de Kuo Chhing Ssu-tempel, waar hij een binnenhof zag met een oude pijnboom en daarvoor een stromende bron. I-Hsing stond stil en hield de adem in want hij hoorde een monnik die binnen wiskundige berekeningen aan het doen was. Ondertussen sprak binnen de oude monnik: 'Vandaag moet iemand komen om mijn wiskundige kennis te leren. Hij*

Onder: Fig. 3. De door Nanhung Yüeh en I-Hsing gemeenten schaduw lengte is hier afgezet tegen de afstand tot centrale meetpunten bij de Gele rivier. De rode lijn geeft de meetresultaten bij de winterse zonnewende (■), de evennachtpunten (●) en de zomerse zonnewende (★); de zwarte lijn de theoretisch berekende resultaten, uitgaande van 4 duim meer of minder schaduw per 1000 li.

Rechts: Een 'vereenvoudigd instrument', dat door Kuo Shou-Ching ontwikkeld is.



moet al bij de deur zijn. Waarom laat niemand hem binnen?' Daarna zette hij zijn werk voort, maar na een poos sprak hij opnieuw: 'Voor de poort stromen de wateren samen naar het westen – mijn student moet aankomen.' Dus kwam I-Hsing binnen en knielde voor hem neer. En de oude monnik begon hem zijn rekenmethodes te leren en onmiddellijk veranderde het water voor de poort van richting en stroomde naar het oosten.'"

Alle boeken van I-Hsing zijn verloren gegaan, maar we weten dat hij op keizerlijk bevel tussen 721 en 727 een nieuwe kalender voorbereidde. Samen met de Keizerlijke astronoom Nankung Yüeh organiseerde hij tussen 721 en 725 een expeditie om de schaduw van de 8 voet gnomon in een aantal verschillende plaatsen te meten (zie fig. 3). Een vijftal waarneemplaatsen bevond zich in de vlakte van de Gele Rivier en in een daarvan, het al vaker genoemde Yang Chhêng, is de gnomon van Nankung Yüeh bewaard gebleven. Andere waarneemplaatsen lagen verder naar het noorden en zuiden. De noordelijkste post was Thieh-Lo bij het Bajkalmeer, de zuidelijkste Lin-I in het



huidige Vietnam. Naar al deze plaatsen werden sterrenkundigen gezonden en I-Hsing verzamelde en interpreteerde de waarnemingen. Vergelijking van de schaduw lengten met de moderne theoretische waarden toont dat de metingen redelijk nauwkeurig waren.

De moderne berekeningswijze was I-Hsing echter niet bekend. Hij ging als volgt te werk. Uit de waarnemingen in de 5 centrale plaatsen concludeerde hij dat de schaduw lengte elke 1000 li met 4 duim verandert. Vervolgens berekende hij de afstand tot de andere plaatsen met de veronderstelling dat deze relatie ook voor die plaatsen geldt en met gebruik van de schaduw lengte gemeten tijdens de zomers zonnewende. Het moet ook aan I-Hsing duidelijk zijn geweest dat de resultaten voor de evennachtpunten en nog meer voor de winterse zonnewende sterk afwaken van zijn theoretische onderstelling. In zijn verslag aan de keizer benadrukte hij derhalve de zomerse metingen.

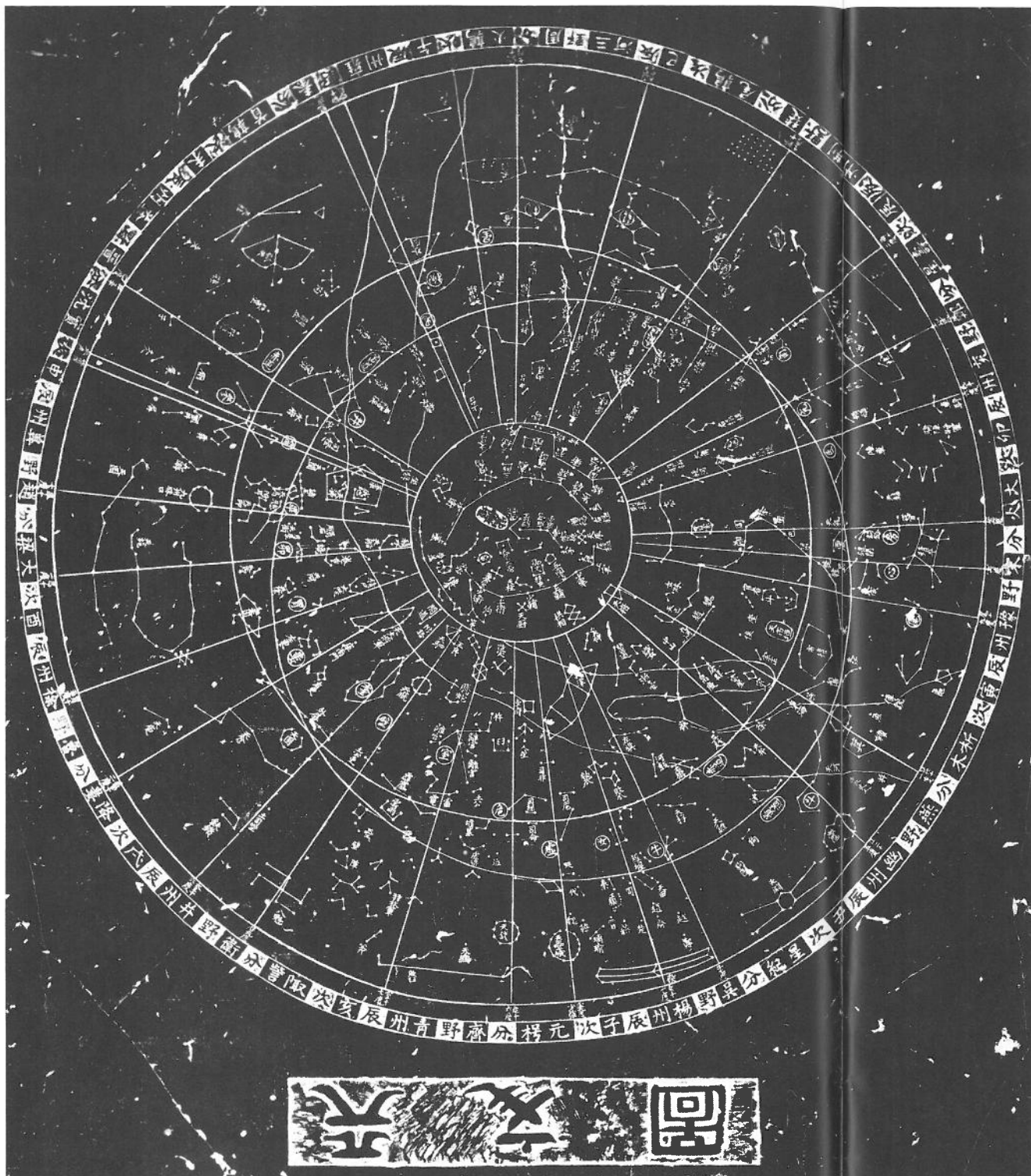
De naar de zuidelijkste waarneempost, Lin-I, uitgezonden sterrenkundigen maakten van de gelegenheid gebruik een aantal zuidelijke sterrenbeelden op te tekenen, die in de vlak-

te van de Gele Rivier niet zichtbaar zijn. Ze zagen ondermeer de ster Canopus, maar verder zijn geen resultaten bewaard gebleven.

I-Hsing verdient tenslotte de aandacht als de eerste sterrenkundige die een eigen beweging van de sterren opperde. Met zijn armillarium verkreeg hij voor een aantal sterren posities die verschilden van de overgeleverde oude waarden, in een richting die niet met de precessie overeenstemde. Daarom veronderstelde hij dat deze sterren zich ten opzichte van de andere sterren bewogen hadden, met een eigen beweging. We weten nu dat de verplaatsingen van meerdere graden die hij vond, veel te groot zijn om met eigen beweging verklaard te kunnen worden en het is duidelijk dat de verschillen het gevolg van meetfouten zijn.

Grote instrumenten

De traditie van instrumentenbouw werd aan het eind van de 11e eeuw voortgezet door de veelzijdige Su Sung, die een enorme astronomische klok bouwde te Khaifêng en deze gedetailleerd in een boek beschreef. Het door wa-



Deze sterrenkaart is een afdruk van een in 1193 door de hofgeograaf Huang Shang vervaardigde kaart. De opvallende excentrische cirkel in het midden is de ecliptica. Ook de vorm van het Melkwegstelsel is aangegeven. De tekst op de rand bevat een toelichting. De kaart is in een vlakke steen uitgekraast. De afdrukken werden gemaakt door deze dan met een soort inkt in te wrijven.

terkracht aangedreven uurwerk liet ook een hemelglobe roteren binnen de 35 m hoge toren en een armillarium op het dak. Het is misschien kenmerkend voor de Chinese sterrenkunde dat het sterrenkundige nut van dit apparaat niet zeer duidelijk is.

De sterrenkundige instrumentenbouw bereikte in China zijn hoogtepunt na de komst van de Arabische sterrenkundige Jamāl al-Dīn uit de Arabische sterrenwacht te Marāghah (bij de Kaspische Zee). In de 13e eeuw ondernamen de Mongoolse steppevolkeren onder Djengis Khan en zijn opvolgers hun veroveringstochten en onderwierpen grote delen van China, Perzië en het Midden-Oosten. Hierdoor werden de contacten tussen Oost en West sterk uitgebreid. Kubilai Khan veroverde ook Zuid-China en stichtte de Yuan-dynastie (1280-1360).

Eén van zijn Chinese ambtenaren was Kuo Shou-Ching, die door Jamāl-el-Dīn onderricht werd. Hij bouwde een aantal reusachtige instrumenten. In Yang-Chhêng, de traditionele plaats voor de gnomonmetingen, verrees een door hem ontworpen 40 voet hoge reuzengnomon. Het eindpunt van de schaduw werd gevonden met behulp van projectie door een klein gat in een plaat die langs de horizontale meetlat bewogen werd.

Voor het observatorium van Ping-yang werden onder andere een armillarium, een hemelglobe, een gnomon en een 'vereenvoudigd instrument' vervaardigd. Dit laatste instrument is afgeleid van het armillarium, maar vereenvoudigd in de zin dat de declinatie-cirkel niet binnen een andere cirkel bevestigd is, maar in een open constructie, waarvan de as evenwijdig is aan de poolas. Het vereenvoudigd instrument ziet er inderdaad veel overzichtelijker uit dan een armillarium. Een aardig trekje van dit instrument is dat de aanduiding van de gradenindeling in reliëf is aangebracht (nog altijd in het Chinese stelsel van $365\frac{1}{4}$ graden!), zodat posities in het donker kunnen worden afgelezen.

Kuo Shou-Ching mat de jaarlijkse beweging van de zon tussen de sterren en verbeterde de theoretische beschrijving ervan. Van hem is ook een vrij nauwkeurige meting van de helling van de ecliptica afkomstig, met gebruikmaking waarvan Laplace in de 18e eeuw zijn theorie voor de verandering van de helling van de ecliptica aan de realiteit kon toetsen.

Komst van de Jezuïten

Het niveau van de sterrenkundige ambtenaren van het Astronomische Bureau was zeer variabel. Shen Kua, die rond 1070 Keizerlijk Astronoom werd, vertelt dat de kandidaten tijdens examens zeer gebrekkig over de sterrenkundige instrumenten en over de sterren zelf schreven. Zij slaagden slechts omdat de examinatoren al evenmin kundig waren! Shen Kua zelf bracht, althans tijdelijk, verbetering in deze situatie.

Rond 1200 horen we echter dat de voorspelling van de hofastronomen voor het tijdstip van een eclips werd verbeterd door amateurs en dat die amateurs door de eclips in het gelijk werden gesteld. Kuo Shou-Ching werd hofastronoom nadat hij had aangetoond dat de officiële kalender een dag fout was.

De verbeteringen die onder zijn leiding tot stand kwamen, verdwenen toen de Chinezen de Mongolen het land uitdreven en de Ming-dynastie stichtten in 1360. Het wantrouwen van de nieuwe dynastie ten opzichte van de Mongolen strekte zich uit tot de Mongoolse wetenschappelijke prestaties en een sterke terugval in de sterrenkunde was het gevolg.

Toen in de 16e eeuw de eerste Westerse sterrenkundige aan het Chinese hof werd toegelaten vond hij de plaatselijke sterrenkundigen van een zeer laag niveau. Des te meer verbaasde deze Jezuïet, Matteo Ricci, zich over de kopieën van de instrumenten van Kuo-Shou-Ching, die in 1437 vervaardigd waren en later op het 'Purperen Berg Observatorium' bij Nanking waren terecht gekomen. Eerst veel later werden de vroegere prestaties van de Chinese sterrenkundigen bekend en het onderzoek is nog niet afgesloten.

Met de komst van de Westerse sterrenkundigen, veelal Jezuïeten, werd de Chinese sterrenkunde deel van de moderne wereldwijde sterrenkunde en verloor zijn haar geïsoleerde karakter.

Vergelijking met het Westen

De Chinese sterrenkunde verschilt in een aantal opzichten opvallend van de Westerse sterrenkunde, ondanks de invloeden uit het Westen en Midden-Oosten die de Chinese sterrenkunde op gezette tijden onderging: in het eerste millennium voor Christus uit het Tweestromenland, tijdens de Thang-dynastie vanuit



Geheel links: Een van de armillaria op het observatorium van Peking is een zogenaamd ecliptisch armillarium. Daarmee werd de plaats van sterren aan de hemel vastgesteld, maar bovendien ook hun afstand tot de ecliptica.

Links: Dit apparaat is een horizontale azimuth; in feite een windroos om de positie van sterren boven de horizon te bepalen. De middellijn bedraagt 6 voet.

Boven: De door Ferdinand Verbiest in Peking geïnstalleerde hemelglobe heeft eveneens een middellijn van 6 voet. De diverse sterren zijn er door Verbiest eigenhandig opgebracht.

het door de Grieken beïnvloede India, tijdens de Mongoolse dynastie vanuit het Islamitische Midden-Oosten.

De eerste ontwikkelingen in China gingen parallel met de ontwikkelingen elders: de almanakachtige kennis van het verband tussen jaargetijden en sterrenbeelden, de eerste stappen tot de bepaling van de schijnbare maanbaan en zonnebaan en de eenvoudige hemelmodellen hebben alle hun equivalenten in Mesopotamië en in Griekenland.

De Chinezen bezaten echter niet de unieke gave die de Griekse sterrenkunde tot de voorloper van de moderne sterrenkunde maakt: geometrisch inzicht. De Chinezen zagen de onvolkomenheden van het eenvoudige Bol-van-de-Hemel-model niet in. Dit blijkt wel zeer opvallend wanneer we het onvermogen van I-Hsing om zijn schaduwmetingen op juiste wijze te interpreteren vergelijken met de bepaling van de aardomtrek uit soortgelijke metingen door Eratosthenes, zo'n duizend jaar eerder! Mogelijk is het gebrek aan geometrische

modellen ook verantwoordelijk voor de afwezigheid in China van de drang tot nauwkeurige metingen. Een andere oorzaak is wellicht dat de Chinese sterrenkunde zeer gericht was op astrologische voorspellingen.

De sterrenkundige kennis van de Chinezen was natuurlijk verre superieur aan die van de Middeleeuwse Europeanen. Het wereldbeeld van de bijbel is zeer primitief, niet veel verschillend van het Koepel-van-de-Hemel-model en de eerste Christelijke kerkvaders bestreden elke meer verlichte opvatting heftig als ketterij. De sterrenkunde in Europa werd duizend jaar teruggeworpen, zelfs zeer elementaire kennis als van de precieze lengte van het jaar en het vermogen planeten aan hun positie te herkennen verdween.

Zodra echter de bestudering van de geometrische modellen van de Grieken weer werd opgevat, was de moderne sterrenkunde geboren en in zeer korte tijd streefden de Europeanen de Chinezen voorbij. De kennis van Matteo Ricci was niet alleen superieur aan die van de sterrenkundigen die hij aantrof, maar ook van alle eerder in China bereikte kennis.

De bijzondere prestatie van de Chinezen ligt in de zeer regelmatige waarneming en optekening van allerlei bijzondere verschijnselen aan het firmament: vanaf de Han-tijd hebben we een vrijwel continu verslag van kometen, meteoren, eclipsen en nieuwe sterren. De lange duur van de sterrenkundige activiteit in China, gecombineerd met hun grote rekenkundige ga-

ven, hebben ook geleid tot nauwkeurige bepalingen van de lengten van sterrenkundige perioden als de maand, het jaar en de omlooptijden van planeten.

Modern gebruik van de oude Chinese waarnemingen

In een aantal gevallen hebben moderne sterrenkundigen met vrucht gebruik gemaakt van de oude Chinese sterrenkundige waarnemingen. We zagen al dat Laplace de meting van Kuo Shou-Ching gebruikte om de theorie van de verandering van de helling van de ecliptica te testen. Een ander voorbeeld is de bepaling van de geschiedenis van de baan van de komeet van Halley met behulp van in Chinese kronieken gevonden vroege waarnemingen. Drie verdere voorbeelden worden hieronder besproken.

De rotatiesnelheid van de aarde en de versnelling van de maan

Een totale zonsverduistering is slechts in een nauwe strook op aarde zichtbaar. Uit de rotatiesnelheid van de aarde en uit de baan van de maan kunnen we voor zonsverduisteringen in een niet te ver verleden uitrekenen waar de strook van zichtbaarheid voor elke eclips heeft gelegen. Het blijkt nu dat oude waarnemingen van totale eclipsen buiten de berekende stroken zijn gedaan. Dit betekent ofwel dat de maan zich op een andere plek bevond als be-

rekend, ten gevolge van een versnelling van de maanbeweging, ofwel dat de plaats van waarneming zich elders bevond als berekend, ten gevolge van een verandering in de rotatiesnelheid van de aarde. Vermoedelijk zijn beide effecten van belang geweest, al kunnen we hun precieze grootte niet zuiver theoretisch vaststellen. Uit oude waarnemingen van eclipsen kunnen we de grootte van deze effecten experimenteel bepalen en de Chinese eclipswaarnemingen nemen hierbij hun plaats in naast die uit Mesopotamië, Griekenland, het Middeleeuwse Europa, Japan en Korea. Het voornaamste probleem is om in elk geval de betrouwbaarheid van de eclipswaarneming vast te stellen: verhalen over waarnemingen zijn nogal eens verzonden.

De elfjarige periode van de zon

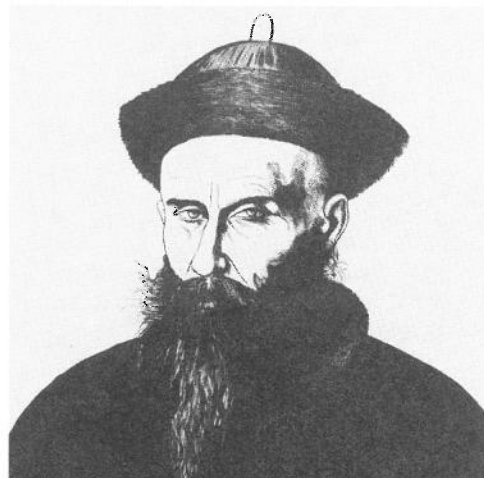
De zonnevlekken veranderen voortdurend in aantal. Uit modern onderzoek is gebleken dat er een ongeveer elfjarige periodiciteit in het aantal zonnevlekken zit. Had de zon deze periode vroeger ook? Men heeft geprobeerd de elfjarige periode ook in de Chinese waarnemingen van zonnevlekken terug te vinden. Omdat de Chinezen echter alleen grote, met het blote oog zichtbare, zonnevlekken konden waarnemen en omdat de elfjarige periode aan onregelmatige kleine veranderingen onderhevig is, is het aantal door de Chinezen opgetekende zonnevlekken te klein om betrouwbare resultaten te verkrijgen.

De leeftijd van supernova-resten

Aan het eind van zijn leven ondergaat een zware ster een catastrofale verandering, een supernova-explosie, waarbij de buitenlagen worden afgeworpen en de kern tot een neutronenster of zwart gat ineentorst. De hete uitgeworpen buitenlagen leiden aanvankelijk tot een enorme toename in helderheid van de ster en zijn vele jaren na de ontploffing nog zichtbaar als ringvormige structuren, soms met een pulserende neutronenster (pulsar) in het midden. Het bekendste voorbeeld is de Krabnevel met de Krabpulsar. Door de doorsnee van de nevel te delen door de uitdijnsnelheid kunnen we de leeftijd van een supernovarestant schatten. Voor de Krabnevel kwam dit neer op zo'n 900 jaar. De sinoloog Duyvendak werkte met de sterrenkundigen Oort en Mayall samen om in oude Chinese kronieken te zoeken naar een mogelijke beschrijving van de supernova die de Krabpulsar voortbracht.

Vervolgens zijn de Chinese (en de Japanse en Koreaanse) kronieken systematisch doorgevoerd op mogelijke andere verwijzingen naar supernovae. Het probleem hierbij is dat verwarring met heldere kometen mogelijk is en tevens dat de Chinese beschrijving van de positie aan de hemel bijna altijd zeer ruw is en weinig meer geeft dan het sterrenbeeld waarin of waarbij de nieuwe ster verscheen.

Nog twee supernovaresten zijn geïdentificeerd als overblijfselen van door de Chinezen in 185 en 1006 waargenomen supernovae.



南懷仁字幼柳一字敦伯比利時國人崇禎十四年入中國順治初年即改信基督教康熙八年禮部題奏赴盛京禮部南懷仁所算遠近皆符吳明烜所算遠近皆錯南懷仁先職司監正曆日差錯之處非不能修理既難以推算歷日差錯不合天象具題今將合天象之曆日又堅執西洋之法不可用大言妄稱國情罪重以此相欺將南懷仁先職交與刑部去後乃以南懷仁授為欽天監副職南懷仁與刑部去後乃改授監正俱職抗辭不獲十二年製遠近儀器告成加十七年預推康熙元年曆法告成加為通政使司通政使職銜仍加一級又具疏奏辭職南懷仁不獲十二年正月呈請南懷仁辭職理應二十六國解四十四二月南懷仁向年製遠近各儀陝西湖北江西等省已有功效茲又先後製造神威儀三百二十位試於精堅中的兩吏部題加工部右侍郎職銜仍准加一級十二年又與南懷仁同往北平二十八日卒於任星進道二十七年正月十一日賜葬銀二百兩大銀十端二月出殯上差內大臣一等公固山修國尉等侍衛四員送至阜城門外墓地

Dit portret van Ferdinand Verbiest toont deze Jezuiet in Chinees aandoende kleding. Verbiest verbleef meer dan 30 jaar in China en nam zelfs een Chinese naam aan: Nam Huai Jen. De tekst bevat een korte biografie.



Boven: Hoewel het instrumentarium van het keizerlijke observatorium primair bedoeld was om aan de hand van metingen aan sterren kalenders op te stellen, vergat men niet de instrumenten fraai te versieren met bijvoorbeeld draken en slangen.

Literatuur

Needham, J. e.a. (1959). *Science and civilisation in China*, volume III. Cambridge University Press.
Ho Peng Yoke, (1962). *Vistas in Astronomy*, 5, pag. 127.
Needham, J. e.a. (1960). *Heavenly clockwork - The great astronomical clocks of medieval China*. Cambridge University Press.

Bronvermelding illustraties

British Library, London: pag. 250-251.
M. van Nieuwenborgh, Brussel: pag. 251, 252, 262 (links), 263, 264, 265.
T. de Jong, Bussum: pag. 255, 259, 260-261, 262 (rechts).
John Christiansen, Cambridge University Press: pag. 256.
Rheinisches Bildarchiv, Köln: pag. 257.
De overige illustraties zijn van de auteur.